Über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit einiger Meerthiere.

Von **V. Graber** in Czernowitz.

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. März 1885.)

Die in einer früheren Abhandlung der Sitzungsberichte,[1] sowie in meinem grösseren Werke[2] niedergelegten Thatsachen und Schlüsse über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit der Thiere beziehen sich insgesammt nur auf Land- und Süsswasserbewohner, da ich bis zum Zeitpunkt der Abfassung des citirten Buches leider nicht die beträchtlichen Mittel aufzubringen vermochte, um die von meinem Wohnsitz aus sehr weite Reise an das Meer unternehmen zu können.

Erst während der letzten Herbstferien wurde ich, und zwar einerseits durch eine Unterstützung unserer k. k. Regierung und anderseits durch die ausserordentliche Güte des Herrn Prof. K. Moebius in Kiel, der mir zum Zwecke meiner Arbeiten bereitwilligst sein musterhaft eingerichtetes Institut zur Verfügung stellte, in die glückliche Lage versetzt, meine Studien endlich auch auf marine Formen auszudehnen.

Der gewählte Platz war für mich insoferne ein ungemein günstiger, als ich dort in unmittelbarer Nähe des Institutes mehrere jener Thiere, an deren Untersuchung mir besonders gelegen war, zu jeder Tagesstunde in beliebigen Mengen mit einem einfachen Kätscher sammeln konnte, ein Umstand, der eine erfolgreiche Ausführung derartiger Experimente allein möglich macht. Zudem erfreute ich mich auch des anregenden Verkehres mit dem genannten, um die Erforschung des Meerthierlebens in

[1] Fundamentalversuche über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit augenloser und geblendeter Thiere (LXXXVII. Bd.. I. Abth., April-Heft. 1883.)

[2] Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Thiere. Prag und Leipzig bei Tempsky. 1884.

hohem Grade verdienten Institutsdirectors, dem ich hiemit für die Förderung meiner Arbeit und für die erwiesene Gastfreundschaft den innigsten Dank ausspreche.

Mit Rücksicht darauf, dass, wie meine bisherigen Beobachtungen zur Evidenz ergeben, der Ausfall der Reaction auf zwei verschiedenfarbige Wallichter, vielfach wenigstens, durch die relative Helligkeit derselben beeinflusst und mitunter sogar bestimmt wird, scheute ich, um möglichst verlässliche Resultate zu erzielen, nicht die Mühe, die angewendeten farbenabsorbirenden Medien, die diesmal ausschliesslich nur aus Glasscheiben bestanden, in Bezug auf die Intensität des von ihnen durchgelassenen Lichtes einer neuerlichen sorgfältigen Prüfung zu unterziehen, und zwar diesmal mit Hilfe einer Methode, die mir Herr Prof. Mach in Prag anzugeben die Güte hatte.[1]

---

[1] Dies Verfahren beruht auf einer Combination einer Methode von Aubert und einer Methode von Wheatstone und ist ausserordentlich leicht ohne Hilfe von Apparaten in folgender Weise auszuführen. Zunächst stellt man sich ein Dunkelzimmer her, und zwar am einfachsten, indem man das Fenster mit schwarz gestrichener Pappe vermacht. In dieser Pappe schneidet man dann etwa in einem Abstand von 30 Ctm. zwei nebeneinander befindliche quadratische Öffnungen aus und klebt an einer der oberen Seiten einen in Millimeter getheilten Papierstreifen an. Ferner macht man sich je einen oben rechtwinkelig ausgeschnittenen Schieber, durch den die erwähnten Öffnungen von unten her und, ohne ihre Form zu ändern, beliebig verkleinert werden können.

Die betreffenden Flächen geben direct das Mass des eingelassenen Lichtes (Aubert). Will man nun die Helligkeit eines farbigen Glases (oder eines anderen, lichtabsorbirenden Mediums) im Vergleiche zum Tageslicht bestimmen, so bringt man dasselbe vor die eine Öffnung, während die andere frei bleibt. Nun nimmt man ein gewöhnliches Kugelthermometer, welches zweckmässig bis auf die als Convexspiegel dienende Kugel berusst wird, derart umgekehrt in die Hand, dass die Kugel ungefähr in die Höhe der beiden Öffnungen und zugleich in die Mitte zwischen beiden zu liegen kommt, und zwar etwa bei einem Abstande von $^1/_2$—1 Met. vom Fenster.

Ist, wie angenommen wurde, die freie Öffnung so gross wie die durch das Farbenglas verdeckte, so erscheint einem das Spiegelbild der ersteren beträchtlich grösser, wie das der letzteren, und noch deutlicher wird der Unterschied, wenn man mit der Kugel in einer zum Fenster ungefähr parallelen Ebene kreisförmige Bewegungen ausführt, die Spiegelbilder also in ineinander verschlungene Ringe oder Curven auszieht (Wheatstone). Die freie Öffnung wird nun so lange durch den Schieber verkleinert, bis die

In der nachfolgenden Tabelle findet man in der Columne links die Helligkeits- und in der Columne rechts die spectroskopischen Werthe der diesmal in Anwendung gebrachten Farbengläser und sei blos noch bemerkt, dass die Zahlen der ersten Columne angeben, wie viel Mal das weisse Tageslicht durch das betreffende Glas abgeschwächt wird.

---

erwähnten Lichtbänder gleich hell, oder richtiger gleich dick erscheinen, und man erhält dann die gesuchte Helligkeit des Farbenglases H_1 im Vergleich zu jener des weissen Lichtes (H) nach der bekannten Formel

$$H_1 = H \cdot \frac{F'}{F},$$

worin F' die Fläche der mit dem farbigen Glas verdeckten und F jene der freien Öffnung bedeutet.

Da es immerhin schwer ist, die Dicke zweier ungleichfärbiger Lichtstreifen zu vergleichen, so empfiehlt es sich, die beiden Spiegelbilder durch ein Farbenglas derselben Sorte, wie jenes vor der Öffnung ist, zu betrachten. Ist dies zum Beispiel roth, so hat dann auch das Lichtband der weissen Öffnung ungefähr dieselbe Farbe.

In diesem Falle erfährt man aber zunächst aus der Berechnung des Flächenverhältnisses beider Öffnungen bei gleicher Dicke der beiden Spiegelbänder nur, wie viel Mal das durch das Glas gehende Licht dunkler ist, wie das gleichfarbige im weissen Lichte; da indessen die relative Helligkeit der einzelnen Spectrumstreifen des weissen Lichtes bekannt ist, kann, wenigstens bei einigermassen monochromatischen Medien, das Verhältniss ihrer Helligkeit untereinander oder zum weissen Lichte berechnet werden.

Nach meiner Erfahrung wird die Abschätzung der Dicke der mehrerwähnten zwei Lichtbänder wesentlich erleichtert, wenn man die spiegelnde Kugel derart in einer Linie rasch hin und her schwingt, dass die beiden Streifen nahe übereinander zu liegen kommen, und scheint es mir ferner vortheilhaft, den Schwingungen der Kugel Excursionen von nicht mehr als etwa 2 Mm. zu ertheilen.

Betreffs der Controlirung derartiger Bestimmungen verweise ich auf pag. 47 meines Hauptwerkes und füge im Übrigen nur noch hinzu, dass dieselben möglichst oft und auch von verschiedenen Personen wiederholt wurden.

Nr. des Mediums	Farbe	Verdunke-lungs-quotient	Wellenlänge des durchgehenden Lichtes in $^1/_{100000}$ Mm.
1	blassgelb	1·5	75—40
2	gelb	3·0	68—50
3	roth 1 Glas	4·0	72—60
4	„ 2 „	16·0	70—62
5	blau 1 „	6·0	72—70, 57—54 u. v.
6	„ 2 „	36·0	70—69, 51—u. v.
7	grün 1 „	7·5	60—45
8	„ 2 „	56·2	58—48
9	purpur 1 Glas	3·0	70—50, 48—u. v.
10	„ 2 „	9·0	68—56, 45—u. v.

Endlich noch ein Paar Worte über die gebrauchten Beobachtungsgefässe und das eingeschlagene Untersuchungsverfahren.

Ausser einem grösseren Gefäss, in welchem ich die Beobachtungen mit den Quallen anstellte, verwendete ich erstens einen mittelgrossen Cementtrog mit ziemlich flachem Boden (18 Ctm. lang, 10·5 Ctm. breit, 7 Ctm. tief) und dann eine schmale, kleine Glaswanne (20 Ctm. lang, 6 Ctm. breit, 4 Ctm. tief), dessen Wände mit schwarzem Papier überklebt wurden. Auf diese Tröge wurden je zwei verschieden helle, respective verschiedenfarbige Gläser derart aufgelegt, dass die beiden Seitenhälften ungleich belichtet waren.

Die Thiere selbst gab ich, soweit dies möglich war, in die Mitte des Gefässes (vgl. die Methode der Mittelstellung in meinem Buche) und vertauschte dann nach erfolgter Abzählung der Menge der in die beiden ungleich belichteten Abtheilungen übergewanderten Individuen jedesmal die Gläser.

Da bei gewissen Thieren, wie insbesondere bei den Seesternen schon nach Verlauf von zwei bis drei Stunden die Richtungsbewegungen, bez. die Reactionen schwächer werden

musste nicht allein das Seewasser des Troges, sondern auch das lebende Untersuchungsmateriale im Laufe eines Tages öfter durch frisch vom Meere geholtes erneuert werden.

Rother Seestern

(*Asteracanthion rubens* Retz).

(Meist zahlreiche, aber relativ kleine Individuen von 2—4 Ctm. Durchmesser. Mittelgrosses Aquarium, je zwei Abtheilungen, Belichtung von oben. Meist sehr intensives (zerstreutes) Sonnenlicht. Beobachtung bei circa 20° C. Expositionszeit meist circa 15 Minuten.

Helligkeitsgefühl

bei weissem Licht.

1.

	weiss	schwarz[1]
je 15 Min.	22[2]	8
	17	13
	19	11
	13	7
	16	4
	11	9
	12	8
	110	**60**

2.

	weiss	schwarz
je 5 Min.	16	4
	13	7
	15	5
	9	1
	7	2
	60	**19**

Da bei den vorstehenden 12 Beobachtungen die unbedeckte Abtheilung jedesmal beträchtlich stärker, als die verfinsterte besucht wurde, unterliegt es absolut keinem Zweifel, dass der rothe Seestern ein hochgradig helleliebendes oder leukophiles Thier ist und sei noch besonders daran erinnert, dass die Fluchtbewegungen von der finstern Abtheilung weg relativ sehr rasche sind, da manche Thiere binnen zwei bis drei Minuten einen Weg von 10 Ctm. zurücklegen.

---

[1] Eigentlich halbdunkel, da ja in die bedeckte Abtheilung Licht von der unbedeckten einfällt.

[2] Bedeutet die Frequenz, d. i. die Zahl der in einer Abtheilung befindlichen Individuen.

Das Reactionsverhältniss aus obigen Frequenzzahlen ist:

$$\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{170}{77} = 2\cdot 2, \qquad (1)$$

das heisst die helle Abtheilung wird durchschnittlich von 2·2mal mehr Individuen als die verfinsterte besucht.

Um zu ermitteln, ob die Seesterne auch, wie manche andere Thiere, ohne Augen auf den in Rede stehenden maximalen Helligkeitsunterschied reagiren, schnitt ich denselben die äussersten Spitzen der Arme ab. In diesem verstümmelten Zustande bewegten sie sich aber überhaupt nur sehr wenig mehr und man müsste, um die wichtige Frage zu entscheiden, ihre Sehorgane jedenfalls in schonenderer Weise, zum Beispiel durch ein hier ziemlich leicht anzulegendes Futteral ausschalten.

Ich machte nun zunächst Versuche über die Empfindlichkeit gegenüber geringeren Helligkeitsdifferenzen.

	3.		4.		5.	
	hell	wen. hell	hell	wen. hell	hell	wen. hell
je 10 Min.	(2·8)[1]	(61)[2]	(2·8)	(7·8)	(1)	(2·8)
	16	4	12	8	13	7
	14	6	14	6	12	8
	13	7	10	10	10	10
	13	7	10	10	11	9
	14	6	11	9	10	10
	70	**30**	10	10	10	10
			10	10	**66**	**54**
			77	**63**		

Die Reactionsverhältnisse sind:

$$\text{Für die 1. Reihe: } \frac{\text{hell}}{\text{w. hell}} \left(\frac{2\cdot 8}{2\cdot 8^4} = \frac{1}{22}\right) = \frac{70}{30} = 2\cdot 3 \qquad (2)$$

$$\text{„ „ 2. „ } \frac{\text{hell}}{\text{w. hell}} \left(\frac{2\cdot 8}{2\cdot 8^2} = \frac{1}{2\cdot 8}\right) = \frac{77}{63} = 1\cdot 2 \qquad (3)$$

$$\text{„ „ 3. „ } \frac{\text{hell}}{\text{w. hell}} \qquad \left(\frac{1}{2\cdot 8}\right) = \frac{66}{54} = 1\cdot 2 \qquad (4)$$

---

[1] Diese Abtheilung wurde durch eine auf Glas aufgeklebte Lage von weissem Seidenpapier 2·8 mal dunkler als das Tageslicht gemacht.

[2] Durch 4 Lagen desselben Papieres $2\cdot 8^4$ mal verdunkelt.

Da beim ersten dieser Versuche (3), wo der Helligkeitsunterschied am grössten war, die Zahl der die dunklere Kammer besuchenden Thiere ganz constant und im Durchschnitt (Verhältniss 2) 2·3mal grösser als die der Frequentanten der helleren Abtheilung war, unterliegt es keinem Zweifel, dass der Seestern auch auf die angewendeten, relativ geringen Helligkeitsdifferenzen reagirt. Dagegen zeigt sich beim Versuch (4) und (5) mit dem noch kleineren Intensitätsunterschied $\left(\frac{1}{2\cdot 8}\right)$ keine nennenswerthe Frequenzdifferenz mehr und wir gelangen so zum Schluss, dass unsere Thiere gegen kleinere Helligkeitsunterschiede (im Sinne der Lust und Unlust) sehr wenig empfindlich sind.

In Betreff der entschiedenen Antipathie unserer Versuchsthiere gegen stark abgeschwächtes weisses Licht (im Vergleich zum ganz hellen!) muss nun aber vor Allem erwähnt werden, dass die betreffenden Versuchsobjecte alle nahe der Wasseroberfläche auf den lebenden Seegräsern und den Pfählen des flachsten Uferwassers gesammelt wurden, also von einem Aufenthaltsorte stammen, wo sie tagsüber ununterbrochen einer bedeutenden Helligkeit ausgesetzt sind.[1]

Interessant wäre es, zu erfahren, wie sich andere Seesterne, die in tieferen, respective dunkleren Wasserzonen leben, verhalten, das heisst ob ihre Helligkeitsvorliebe dieselbe bleibt oder aber, was wahrscheinlicher, mit der Entfernung ihres Wohnplatzes vom Wasserspiegel abnimmt.

Helligkeitsgefühl
bei farbigem Licht.

6. Blau mit Ultraviolett (u. v.).

Hellblau (17)[2]	12	15	15	14	13	11	14	12	11	**117**
Dunkelblau (366)[3] ...	8	5	5	6	7	9	6	8	9	**63**

[1] Über das Vorkommen und den Fang unserer Versuchsthiere vergleiche man das bekannte Prachtwerk von K. Moebius und H. A. Meyer „Fauna der Kieler Bucht", 2 Bde., Leipzig. Engelmann, I. Bd. 1865; II. Bd. 1872, insbesonders die Einleitung zum ersten Band, pag. X bis XVIII.

[2] Ein blaues Glas Nr. 5 (vgl. pag. 132) nebst 1 Lage Seidenpapier (Verdunkelung $= 6\times 2\cdot 8$).

[3] Detto nebst 4 Lagen Seidenpapier (Verdunkelung $= 6\times 2\cdot 8^4$).

$$\frac{\text{Hell-}}{\text{Dunkel-}}\ \text{blau}\ \left(\frac{17}{366}=\frac{1}{22}\right)=\frac{117}{63}=1\cdot 8 \qquad (6)$$

Demnach spricht sich die Helligkeitsvorliebe der Seesterne in entschiedenster Weise auch beim blauen Lichte aus.

7. Roth.

Hellroth	(11·2)[1]	6	10	11	9	10	**45**
Dunkelroth	(244)	14	10	9	11	10	**54**

$$\frac{\text{Hell-}}{\text{Dunkel-}}\ \text{roth}\ \left(\frac{1}{22}\right)=\frac{45}{54}=\frac{1}{1\cdot 1} \qquad (7)$$

Dies Ergebniss ist ungemein lehrreich. Obzwar nämlich der Helligkeitscontrast hier genau so gross $\left(\frac{1}{22}\right)$ wie bei Blau war, so zeigten die Thiere doch keine Vorliebe für die hellere Abtheilung, sondern es wies sogar das Dunkle ein (freilich kaum in Betracht zu ziehendes) Plus an Besuchern auf.

Diese höchst beachtenswerthe Erscheinung, die ich auch bei meinen früheren Versuchen öfter constatirt und gewürdigt habe, erklärt sich wohl dadurch, dass unsere Thiere, wie wir gleich erfahren werden, gegenüber den stärker gebrochenen Lichtstrahlen und namentlich den blauen, ungemein rothscheu sind, respective ein Mehr von Helligkeit bei diesem Lichte weit minder angenehm finden, als etwa beim Blau oder beim Weiss.

Farbengefühl.

8. Gelblichweiss ohne Ultrav. — Weiss mit Ultrav.

Hellgelblichweiss o. u. v.	$\frac{\text{Nr. } 1}{1\cdot 5^2}$	12	8	10	8	11	**49**
Dunkelweiss m. u. v.	(7·8)[2]	8	12	10	12	9	**51**

$$\frac{\text{Hellweiss o. u. v. } (1\cdot 5)}{\text{Dunkelweiss m. u. v. } (7\cdot 8)}=\frac{49}{51}=1 \qquad (8)$$

---

[1] Verdunkelung mit 1 und 4 Lagen Papier und 1 rothen Glas Nr. 3.

[2] Bezeichnet den Verdunkelungsquotienten.

Da das reine Weiss beträchtlich dunkler wie das schwachgelbliche und ultravioletlose war, hätte man mit Rücksicht auf die Intensität der Wallichter allein eine Bevorzugung oder Preferenz des letzteren erwarten sollen. Statt dessen stellte sich aber ein nahezu ganz gleicher Besuch beider Abtheilungen heraus und dürfen wir sonach unter Bezugnahme auf die früheren Helligkeitsreactionen schliessen, dass unsere Thiere entschieden ultraviolett-hold sind, respective dass sie bei gleicher Helligkeit des ultraviolethältigen und ultravioletlosen Weiss ersterem zustreben würden.

Roth-Blau m. u. v.

	9. I. Reihe		10. II. Reihe	
	hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{4}\right)$[1]	dunkelblau $\left(\frac{\text{Nr. 5}}{6}\right)$[1]	hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{4}\right)$	sehr dunkelblau $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{36}\right)$
je 15 Min.	2	18	5	7
	4	16	4	11
	8	12	5	9
	2	18	6	12
	6	14	6	9
	8	12	8	12
	6	14	9	11
	4	16	7	13
	4	16	**50**	**84**
	44	**136**		

Versuch (9) lässt zunächst keinen Zweifel zu, dass unsere Seesterne gegenüber dem Roth das Blau vorziehen. Erwägt man dann wieder, dass das preferirte Blau merklich dunkler in Bezug auf die Helligkeitsattraction, also ungünstiger wie die Gegenfarbe war, so ist zur Evidenz erwiesen, dass es die Qualität und nicht etwa die relative Intensität des Blau ist, welche von den Seesternen dem Roth vorgezogen wird.

---

[1] Verdunkelungsquocient. Ich bemerke noch ausdrücklich, dass bei allen meinen Helligkeitsbestimmungen das Blau Nr. 5 sich dunkler als das Roth Nr. 3 erwies.

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelblau}}\left(\frac{4}{6}\right)=\frac{44}{136}=\frac{1}{3} \qquad (9)$$

Wie der Vergleich dieses Reactionsquotienten mit dem beim Versuch Weiss-Schwarz (1) lehrt, scheint die Vorliebe für das Blau contra Roth (bei annähernd gleicher Intensität) sogar beträchtlich grösser, als die für das helle Tageslicht gegenüber dem Dunkel.

Beachten wolle man noch, dass sich auch hier wieder das von mir seinerzeit inducirte Gesetz bewahrheitet, dass nämlich die weissholden oder leukophilen Thiere zugleich rothscheu oder erythrophob sind.

Wichtig ist dann das Resultat des zweiten Roth-Blauexperimentes (10).

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Sehr dunkelblau}}\left(\frac{4}{36}\right)=\frac{50}{84}=\frac{1}{1\cdot 7} \qquad (10)$$

Es beweist, dass die Vorliebe für das Blau contra Roth auch dann noch anhält, wenn letzteres sehr bedeutend dunkler genommen wird und ferner, dass aber doch die Anziehung dieser Lieblingsfarbe mit dem Sinken der Intensität, also im Sinne der Helligkeitsreaction, abnimmt, nämlich von 3 auf 1·7 fällt.

11. Roth-Schwarz.

Hellroth $\frac{\text{Nr. 3}}{4}$	17	13	13	10	15	15	16	**99**
Schwarz	3	7	7	10	5	5	4	**41**

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Schwarz}}=\frac{99}{41}=2\cdot 4 \qquad (11)$$

Obwohl Hellroth unseren Seesternen, wie wir uns früher überzeugten, vis-à-vis dem Blau sehr verhasst ist, so wird es doch, wie vorliegendes Experiment beweist, dem absoluten Dunkel, respective einem ausserordentlich lichtschwachen Roth, in entschiedenster Weise vorgezogen.

Roth-Grün.

12. I. Reihe		13. II. Reihe	
hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{4}\right)$	dunkelgrün $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{7\cdot 5}\right)$	hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{4}\right)$	dunkelgrün $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{7\cdot 5}\right)$
7	13	6	14
8	12	9	11
9	11	8	12
8	12	7	13
8	12	9	11
8	12	5	15
8	12	7	13
8	12	8	12
9	11	6	14
73	**107**	6	14
		10	10
		81	**139**

$$\left.\begin{aligned} &12. \quad \frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelgrün}} = \frac{73}{107} = \frac{1}{1\cdot 4} \\ &13. \quad \frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelgrün}} = \frac{81}{139} = \frac{1}{1\cdot 7} \end{aligned}\right\} \frac{1}{1\cdot 6} \qquad (11)$$

Da bei 20 Beobachtungen mit Ausnahme eines einzigen Falles das dunkle Grün stärker wie das helle Roth besucht war, steht es ausser Zweifel, dass dem Roth gegenüber auch das Grün vorgezogen wird. Die anziehende Wirkung des Grün ist aber ganz entschieden merklich schwächer wie jene des Blau, oder mit anderen Worten: Die Vorliebe für die einzelnen Spectralfarben nimmt auch hier, wie ich dies für die rothscheuen Thiere in meinem Buche als (freilich nicht ganz ausnahmslose) Regel hingestellt hatte, wenigstens innerhalb des uns sichtbaren Spectrums, von den langwelligen Strahlen bis zu den kurzwelligen beständig zu.

Grün-Blau m. u. v.

14.		15.	
hellgrün	dunkelblau	hellgrün	dunkelblau
$\left(\frac{\text{Nr. 7}}{7\cdot5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{36}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 7}}{7\cdot5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{36}\right)$
8	12	8	12
12	8	9	11
15	5	13	7
14	6	12	8
11	9	10	10
10	10	9	11
70	**50**	**61**	**59**

$$\frac{\text{Hellgrün}}{\text{Dunkelblau}}\left(\frac{7\cdot5}{36}\right)=\frac{70+61}{50+59}=\frac{131}{109}=1\cdot2 \qquad (12)$$

Da hier Grün, wenn auch nur sehr wenig stärker als Blau frequentirt wurde, könnte man meinen, dass dies gegen das vorerwähnte Gesetz spreche. Allein dies ist insoferne nicht der Fall, als das vorgezogene Grün sehr viel heller wie das Blau war. Bei annähernd gleicher Helligkeit würde, davon bin ich überzeugt, das Blau auch vis-à-vis dem Grün preferirt werden.

Blau m. u. v. — Blau o. u. v.

16.									
Hellblau o. u. v.[1] . . . (10)	11	10	10	8	12	8	12		**71**
Dunkelblau m. u. v.[2] (36)	9	10	10	12	8	12	8		**69**

$$\frac{\text{Hellblau o. u. v.}}{\text{Dunkelblau m. u. v.}}\left(\frac{10}{36}\right)=\frac{71}{69}=1 \qquad (13)$$

Mit Rücksicht darauf, dass das ultraviolethältige Blau (respective das mit dem ganzen sichtbaren Violett) weit dunkler wie das ultraviolettfreie (respective das mit verkürztem äussersten Violett) war und dennoch ebenso stark wie das letztere frequentirt wurde, ist wohl anzunehmen, dass bei gleicher Helligkeit

[1] 1 Stück blaues Glas Nr. 5 und 1 Stück blassgelbes Glas Nr. 1.

[2] 2 Stück blaue Gläser.

das an kurzwelligen Strahlen reichere Licht dem andern vorgezogen würde.

Ohrenqualle
(*Medusa aurita* Per.).

Zur Zeit, als ich in Kiel weilte, waren die meisten dieser in unermesslichen Schaaren das Hafenwasser belebenden Quallen leider schon so gross (im Mittel wenigstens 15 Ctm.), dass sich die vorhandenen Aquarien zur Aufnahme einer grösseren Zahl derselben als viel zu enge erwiesen. Trotzdem sammelte ich mir von Zeit zu Zeit je acht Stück und experimentirte mit ihnen.

Die wegen der erwähnten Beschränktheit des Aufenthaltsraumes wohl wenig bedeutsamen Resultate waren folgende:

$$17. \quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{41}{32} = 1 \cdot 3 \qquad (14)$$

$$18. \quad \frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelblau}} \left(\frac{4}{6}\right) = \frac{51}{47} = 1 \cdot 1 \qquad (15)$$

Aus diesen Versuchen würde sonach zu schliessen sein, dass unsere Quallen weder gegen Helligkeits- noch gegen Farbenunterschiede besonders empfindlich sind; es ist aber wohl möglich, dass sich die Sache unter günstigeren Bedingungen anders darstellt. Mit Hilfe grösserer Aquarien, wie man sie zum Beispiel — von Neapel sehe ich ganz ab — in Berlin hat, liesse sich die gewiss hochwichtige Frage nach dem Lichtverhalten dieser Wesen, wohl endgiltig entscheiden; zur Zeit scheint mir aber das Interesse für derartige Forschungen noch wenig verbreitet zu sein. —

Schachtassel
(*Idotea tricuspidata* Desm.).

(Die gleichen Beobachtungsbedingungen wie beim Seestern. Um die Zahl der Besucher der zwei ungleich belichteten Abtheilungen genau bestimmen zu können, wurde vor der Ablesung in der Mitte des Gefässes ein entsprechend geformter Schieber eingesetzt. Eine Vertheilung dieser Thiere ist bei ihrer ausserordentlichen Flüchtigkeit unnöthig.)

Helligkeitsgefühl.

	19.	
	weiss	schwarz
je 2 Min.	45	5
	40	10
	48	2!
	35	15
	44	6
	40	10
	46	4!
	45	5
	45	5
	388	**62**

20.	
hell	weniger hell
(2·8)	(7·8)
15	15
16	14
13	17
15	15
59	**61**

$$\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{388}{62} = 6\cdot 3 \tag{16}$$

$$\frac{\text{Hell}}{\text{Weniger Hell}} \Big(\frac{1}{2\cdot 8} = \frac{59}{61} = 1 \tag{17}$$

Versuch (19) lehrt, dass unsere Krebschen bei der Gegenüberstellung ganz hell — ganz dunkel eine ausserordentliche Antipathie gegen das letztere verrathen, oder dass sie hochgradig leukophil sind.[1]

Um so auffallender ist das Verhalten in Versuch (20), wo sie auf den immerhin beträchtlichen Intensitätscontrast 2·8—7·8 gar nicht zu achten scheinen.

Wir haben da einen neuen Beweis für die vielfach beobachtete Erscheinung, dass grosse Empfindlichkeit bei maximalen Helligkeitsunterschieden mit völliger Unempfindlichkeit bei relativ geringen Intensitätsdifferenzen vereint bestehen kann.

---

[1] Höchst interessant wären gerade hier Versuche mit geblendeten Individuen. Vergl. u. A. die lehrreiche Arbeit von C. Matzdorff „Über die Färbung von *J. tricuspidata*", Jena 1882 bes. pag. 38 ff.

Farbengefühl.

Roth-Blau m. u. v.

	21. hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{4}\right)$	21. dunkelblau $\left(\frac{\text{Nr. 5}}{6}\right)$	22. hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{4}\right)$	22. sehr dunkelblau $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{36}\right)$
je 5 Min.	8	22	6	24
	9	21	6	24
	6	24	15	15
	9	21	7	23
	7	23	8	22
	6	24	15	15
	9	21	10	20
	9	21		
	63	**177**	**57**	**143**

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelblau}}\left(\frac{4}{6}\right) = \frac{63}{177} = \frac{1}{2 \cdot 8} \tag{18}$$

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Sehr dunkelblau}}\left(\frac{4}{36}\right) = \frac{57}{143} = \frac{1}{2 \cdot 5} \tag{19}$$

Der erste Versuch (21) zeigt, dass die Schachtasseln contra Roth eine sehr starke Vorliebe für Blau haben, während der zweite (22) darthut, dass diese lebhafte Blau-Sympathie auch noch bei relativ grosser Dunkelheit der Lieblingsfarbe erhalten bleibt, wenn sie auch mit der Helligkeit etwas abnimmt.

Flohkrebs

(*Gammarus locusta* B.).

(Dieselben Bedingungen wie vorher.)

23.	Weiss...	7	9	7	4	9	12	13	12	15	88
	Schwarz.	10	8	10	13	8	18	7	18	15	**107**

$$\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{88}{107} = \frac{1}{1 \cdot 2} \tag{20}$$

Im Gegensatz zu den Schachtasseln, die, wie sich zeigte, in höchst regelmässiger Weise dem Hellen zustreben, und, um im Dunkel zu verweilen, lieber ihre gewohnten Bewegungen auf einen kleineren Raum einschränken, legen diese Krebse, trotzdem sie von den gleichen Localitäten herstammten, eine grosse Gleichgiltigkeit gegen Helligkeits- und in analoger Weise auch gegen Farbenunterschiede an den Tag.

Rissoa octona L.

(Diese, bekanntlich nur wenige Millimeter lange, zierliche Kleinschnecke kommt auf den Seegräsern in unmittelbarer Nähe des Hafendammes, von wo ich mir auch die früher behandelten Versuchsthiere holte, in solcher Menge vor, dass man mit einem einzigen Zug des Kätschers gleich ein Paar Hände voll erhält, und ich konnte daher bei jedem Versuch mit einer beliebig grossen Zahl von Individuen operiren. Wegen der Kleinheit dieser Versuchsobjecte nahm ich den eingangs erwähnten kleinen Glastrog. Da die Thierchen, wie sich gleich zeigen wird, theils an den Glaswänden kriechend, theils am Wasserspiegel mit dem nach oben gekehrten, langzungenförmigen Fuss schwimmend, ganz erstaunlich rasch sich von der Stelle bewegen, so durfte ich sie nicht einzeln in die Mitte des Gefässes bringen, sondern zählte eine grössere Menge, 100 bis 200, in ein Löffelchen, mit dem ich dann alle auf einmal, aber um keine die kleinen Geschöpfe fortreissende Strömuug im Gefässwasser zu erzeugen, mit grösster Behutsamkeit in die Mitte des Aquariums übertrug. Da es ferner unmöglich ist, nach einer Ablesung alle im Glastrog zerstreuten Objecte, ohne sie früher aus dem Wasser herauszunehmen, wie bei den früheren Versuchen wieder in die Mitte des Gefässes zu bringen — sie werden leicht durch die geringste Wasserbewegung hin- und hergeschwemmt — so liess ich sie während der ganzen Versuchsdauer mit zwei Wallichtern unberührt, und vertauschte auch die betreffenden Gläser nicht, sondern notirte blos von Zeit zu Zeit die Änderung in der Zahl der Individuen, beziehungsweise das Resultat der durch die angewendeten Lichteffecte bewirkten Ortsveränderungen.

Ausserdem fand ich es zweckmässig, das Gefäss durch Marken der Länge nach in vier gleiche (5 Ctm. breite) Zonen zu theilen und in der Regel nur die Frequenz der beiden äusseren Zonen zu bestimmen.

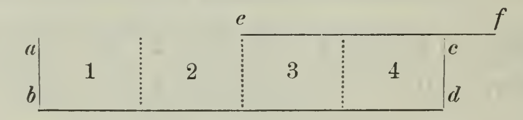


Fig. 1. Längsdurchschnitt durch das Versuchsgefäss (*abcd*), *cf* aufgelegte Platte zum Verfinstern der rechtsseitigen Abtheilung.

War also, wie in vorstehender Figur, die linke Hälfte des Gefässes (1, 2) unbedeckt, die rechte (3, 4) aber verfinstert, so zählte ich nach Verlauf einer gewissen Zeit im Allgemeinen nicht, wie viele Individuen von der Mitte aus nach rechts und links gewandert waren, sondern ich bestimmte blos die Zahl jener, die bereits in der äusseren hellen (1) und in der äusseren dunkeln Unterabtheilung (4) angelangt waren.)

Helligkeitsgefühl

bei weiss.

24.	Weiss 1	2	100 Indiv.	Schwarz 3	4
Nach 40 Minuten	9				2
„ 60 „	10				4
„ 100 „	30				5
„ 120 „	31				8
„ 190 „	32				7
„ 310 „	**44**				**9**

Der interessante Versuch besagt Folgendes: Nach 40 Min. waren von den 100 anfänglich in der Mitte postirten Individuen 9 in die äussere helle und nur 2 in die äussere dunkle Unterabtheilung gewandert, die übrigen 89, das ist (100—[9+2]) waren im mittleren Raum (2, 3) zerstreut. Nach Beendigung des Versuches, das ist nach 310 Min. (vom Beginn an gerechnet) befanden sich zu äusserst im Hellen 44 (es waren sonach aus dem Mittelraum zu den 9 Anfangsindividuen weitere 35 zugewandert) während das äusserste Dunkel blos von 9 Individuen (also um 7 mehr als anfangs) besucht war.

Was aber das Totalergebniss anbelangt, so zeigt dasselbe auf das Evidenteste, dass unsere Schnecken hochgradig dunkelscheu sind. Das Reactionsverhältniss, gebildet aus den letzten zwei Frequenzzahlen, ist:

$$\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{44}{9} = 5 \qquad (21)$$

25. Hell (1) 100 Indiv. Weniger hell (2·7)

1 2	3 4
30	4
44	15
50	16
55	**15**

$$\frac{\text{Hell}}{\text{Weniger hell}}\left(\frac{1}{2\cdot 7}\right) = \frac{55}{15} = 3\cdot 7 \qquad (22)$$

Dieser und der folgende Versuch ist insoferne interessant, als er uns zeigt, dass unsere Schnecken (beim weissen Licht) unter allen Umständen die höheren Helligkeitsgrade und nicht etwa das Halbhelle oder Dämmerlicht bevorzugen.

26. Hell (2·7) Weniger hell (2·7²)

1 3	3 4
20	4
23	13
30	15
33	**16**

Eine ähnliche Reaction wie früher tritt demnach auch dann ein, wenn das hellere Wallicht 2·7 mal dunkler genommen wird.

$$\frac{\text{Hell}}{\text{Weniger hell}}\left(\frac{2\cdot 7}{2\cdot 7^2} = \frac{1}{2\cdot 7}\right) = \frac{33}{16} = 2 \qquad (23)$$

Farbengefühl.

Roth-Blau m. u. v.

27. Hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{4}\right)$ 200 Indiv. Dunkelblau $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$

	1	2	3	4
je 10 Min.	3			19
	1			23
	2			30
	1			60
	1			85
	2	30	65	**103**

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelblau}}\left(\frac{4}{6}\right) = \frac{2}{103} = \frac{1}{51} \qquad (24)$$

Das durch den colossalen Frequenzunterschied wahrhaft frappirende Resultat dieses Versuches ist besonders noch desshalb von fundamentaler Wichtigkeit, als es den, wie ich glaube, unwiderlegbaren Beweis liefert, dass (hier wenigstens) die Reaction auf ungleichfarbige Lichter nicht durch die Helligkeit derselben allein bedingt ist.

Die Sache ist folgende. Aus der Reactionsgleichung (21) (pag. 145) ergibt sich, dass unsere Schnecke beim maximalen Helligkeitsunterschied Weiss-Schwarz, ersteres circa 5mal stärker als letzteres besucht. Setzen wir nun einmal den Fall, es beruhte die entschiedene Vorliebe für Blau contra Roth (24) darauf, dass Blau (entgegen den vorgenommenen Intensitätsmessungen) etwas heller wie Roth wäre, so ist doch klar, dass der angenommene Helligkeitsunterschied absolut nicht so gross ist, wie jener zwischen der unbedeckten und der mit einem schwarzen Deckel verfinsterten Abtheilung und es könnte demnach auch, wenn der Intensitätseinfluss allein massgebend wäre, die Preferenz der helleren Farbe nicht so gross, wie jene bei Weiss-Schwarz sein.

Nun ist aber in Wirklichkeit die Preferenz beim Versuch Roth-Blau nicht nur nicht kleiner wie bei Weiss-Schwarz, sondern im Gegentheil circa 10mal grösser (im Ganzen circa 51) und der Schluss, den man daraus ziehen muss, ist offenbar der, dass es das Farbige als solches ist, was bei unseren Schnecken die so frappirende Ungleichheit in der Frequenz der beiden Wallichträume bewirkt.

Roth-Grün.

28.	Hellroth $\left(\frac{\text{Nr. 4}}{4}\right)$	Dunkelgrün $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{7 \cdot 5}\right)$
	1 ⏟ 2	3 ⏟ 4
	12	50
	18	100
	23	**150**

Die *Rissoa* zieht also dem Roth gegenüber trotz der grösseren Helligkeit des letzteren auch das Grün vor.

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelgrün}}\left(\frac{4}{7\cdot 5}\right)=\frac{23}{150}=\frac{1}{6\cdot 6} \qquad (25)$$

Grün-Blau m. u. v.

29.	Hellgrün $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{7\cdot 5}\right)$		Dunkelblau $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{36}\right)$	
	1	2	3	4
	6			10
	26			25
	22			18
	20	60	60	**20**

$$\frac{\text{Hellgrün}}{\text{Dunkelblau}}\left(\frac{7\cdot 5}{36}\right)=\frac{20}{20}=1 \qquad (26)$$

Mit Rücksicht darauf, dass das Blau in Bezug auf die Helligkeit beträchtlich ungünstiger wie Grün war, darf wohl angenommen werden, dass bei gleicher Helligkeit Blau dem Grün ein wenig vorgezogen wird.

Stichling

(*Gasterosteus spinachia* L.).

(Die gleichen Versuchsbedingungen wie bei den Krebsen.)

Helligkeitsgefühl.

30.								
Weiss	2	3	0	0	0	1	0	**6**
Schwarz	10	9	12	12	12	11	12	**78**

$$\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}}=\frac{6}{78}=\frac{1}{13} \qquad (27)$$

Gleich den früher von mir untersuchten Süsswasserfischen[1] ist auch dieser, und zwar noch in weit entschiedener Weise ein Dunkelfreund.

Mit ganz besonderer Sorgfalt untersuchte ich betreffs dieses Fisches die Frage, in wie weit er gegen geringere Helligkeitsabstufungen empfindlich ist.

---

[1] Vgl. mein citirtes Hauptwerk, pag. 126—132.

31.		32.		33.	
hell	wen. hell	hell	wen. hell	hell	halbdunkel
(1)	(2·7)	(2·7)	$(2\cdot 7^2)$	(2·7)	$(2\cdot 7^4)$
1	11	0	12	1	11
2	10	6	6	3	9
1	11	3	9	3	9
8	4	3	9	5	7
5	7	3	9	2	10
6	6	6	6	1	11
6	6	6	6	4	8
6	6	3	9	3	9
35	**61**	2	10	2	10
		3	9	5	7
		2	10	3	9
		5	7	5	7
		5	7	3	9
		10	2	**40**	**116**
		57	**91**		

$$\frac{\text{Hell}}{\text{Weniger hell}}\left(\frac{1}{2\cdot 7}\right)=\frac{35}{61}=\frac{1}{2} \qquad (28)$$

$$\frac{\text{Hell}}{\text{Weniger hell}}\left(\frac{1}{2\cdot 7}\right)=\frac{57}{91}=\frac{1}{1\cdot 6} \qquad (29)$$

$$\frac{\text{Hell}}{\text{Halbdunkel}}\left(\frac{1}{2\cdot 7^3}\right)=\frac{40}{116}=\frac{1}{2\cdot 9} \qquad (30)$$

Auf Grund vorstehender Zahlenverhältnisse darf man behaupten, dass der Stichling in der That auch auf geringere Helligkeitsabstufungen reagirt, beziehungsweise dass er, gegenüber dem ganz hellen Lichte, auch das halbhelle vorzieht. Man sieht ferner auch, dass der Reactionsquotient mit der Zunahme der Helligkeitsdifferenz grösser wird, indem er beim Intensitätsverhältniss $\frac{1}{2\cdot 7}$ 2, bei $\frac{1}{2\cdot 7^3}$ 2·9 und bei Weiss-Schwarz 13 beträgt.

Farbengefühl.

Roth-Blau m. u. v.

	34.			35.	
	hellroth $\left(\frac{Nr. 3}{4}\right)$	dunkelblau $\left(\frac{Nr. 5}{6}\right)$		hellroth $\left(\frac{Nr. 3}{4}\right)$	sehr dunkelbl. $\left(\frac{Nr. 6}{36}\right)$
je 2 Beobacht.	17	7	je 3 Beobacht.	18	18
	17	5		24	12
	19	5		13	23
	13	11		22	13
	13	11		24	12
	19	5		26	10
	14	10		22	14
	19	5		20	16
	131	**59**		**169**	**118**

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Dunkelblau}}\left(\frac{4}{6}\right) = \frac{131}{59} = 2 \cdot 2 \tag{31}$$

$$\frac{\text{Hellroth}}{\text{Sehr dunkelblau}}\left(\frac{4}{36}\right) = \frac{169}{118} = 1 \cdot 4 \tag{32}$$

Der erste dieser Versuche (34), bei welchem Roth constant stärker als Blau besucht wurde, trotzdem letzteres dunkler, also in Bezug auf den Helligkeitsgeschmack unserer Thiere günstiger war, lässt wohl keinen Zweifel, dass dieselben in der That gleich den meisten weissscheuen Thieren rothliebend sind. Aus dem zweiten Versuch ergibt sich aber, dass bei noch stärkerer Abschwächung des gemiedenen Blau die Roth-Sympathie gegenüber dem Helligkeitseinfluss nicht lange Stand zu halten vermag. Die Gegenüberstellung eines im Vergleich zu Roth circa 20mal dunkleren Blau, führt auch schon, wie mich ein Paar weitere Experimente überzeugten, den Umschlag der Reaction mit sich.

Zum Theile analoge Resultate, wie mit dem Stichling, erhielt ich auch bei der Seenadel (*Syngnathus acus* L.).